

反復練習が脳性まひ者のDFSに及ぼす影響

川間健之介*

本研究では、脳性まひ者の運動出力系の問題が、反復練習によってどのように改善されるものかを検討するために、アテトーゼ型脳性まひ者1名、痙直型脳性まひ者1名、健常者2名の肘関節屈曲運動と前腕回外運動のPMTを単純反応と選択反応を用いて、5日間連続して測定した。その結果、全被験者とも日にちが進むごとにPMTが短縮しており、練習の効果が認められた。DFS(屈曲のPMTから回外のPMTを減じた値)をみてみると、健常者では常に正の値を示していた。アテトーゼ型脳性まひ者では、DFSが反復練習によって増大し、それは運動出力系の運動パターンジェネレーション機能に質的改善が生じたためと推測された。ところが、痙直型脳性まひ者ではDFSは負を示すことが多く、反復練習によってDFSが増大することもなかった。そして、これは関節可動域の制限があったためと考えられた。

キーワード：脳性まひ PMT DFS アテトーゼ 痙直

I. はじめに

上腕二頭筋は肘屈筋であるが、肘関節屈曲位においては、回外筋としても働く(Travill and Basmajian, 1961)。Nakamura and Saito(1974)は、健常者の場合、回外の方が屈曲の反応時間より短いことを報告した。ここで言う反応時間は、刺激提示から反応運動の生起に先行する筋活動の開始までの時間、すなわちPMT(premotor time)のことである。その後、これと同じ結果が健常者を被験者とした研究で得られている(笠井, 1982, 1983; 笠井・小林, 1981; Kasai, Nakamura, and Taniguchi, 1982; Wakabayashi, Nakamura, and Taniguchi, 1981)。一方、中枢性運動障害者についてもいくつかの報告がある。Nakamura, Taniguchi, and Yokochi(1978)は脳卒中後遺症の片まひ患者について検討し、必ずしも回外の方が屈曲よりもPMTが短くないことを示した。また、Nakamura and Taniguchi(1980)は、パーキンソン病患者について調べ、これも屈曲より回外のPMTが短くないことを示し、両運動パターンのPMTに差が生じることと大脳皮質や大脳基底核の役割が関連していることを示唆してい

る。笠井(1983)はこれらの研究を概観し、両運動パターンのPMTの差(difference between flexion and supination; 屈曲のPMTから回外のPMTを減じた値、健常者では正の値になる; 以下DFSと略す)は、運動出力系の機能を反映していると述べている。

脳性まひ者については、川間・中司(1985b)が単純反応課題を用いて調べており、健常者と逆に屈曲のPMTの方が短い、すなわちDFSは負の値であったことを報告している。この結果は、脳性まひ者が運動出力系に何等かの問題を持つことを示すものである。川間・中司(1985a)は弁別反応課題を用いて、脳性まひ者の屈曲と回外のPMTを調べ、両運動パターンのPMTが同じ値を示すという結果を得、脳性まひ者の運動障害を考えるに際して、運動出力系の問題にのみ注目するのではなく、認知系をも含めて考えて行かなければならないと主張した。川間(1987)は、選択反応課題を用いて両運動パターンのPMTを測定している。ここではアテトーゼ型は屈曲のPMTの方が短く、痙直型では単純反応では屈曲のPMTの方が短かったにもかかわらず、選択反応では回外のPMTの方が短くなっていた。そして、この結果は川間・中司(1985a)と同様に運動出力系と認知系の相互作用

* 心身障害学系

用の観点から説明されている。

脳性まひ者において回外よりも屈曲のPMTが短いのは運動出力系の機能に問題があるためと考えられるが、これは練習によって改善されるものであろうか。練習によってPMTは短縮すると予想されるが、これだけでは運動出力系の機能が改善されたと言うには不十分であろう。何故なら、先に述べたように運動出力系の機能を反映するものにはDFSもある(笠井, 1983)からである。したがって、練習によって単にPMTが短縮するだけでなく、DFSに変化が認められた場合、運動出力系がより適切に働くようになったと言えるのではないだろうか。本研究は、この点を検討するために健常者2名、アテトーゼ型脳性まひ者1名、痙直型脳性まひ者1名に対して、5日間連続して単純反応、選択反応の両課題を用いて反復練習を行い、屈曲と回外のPMTを測定するものである。

II. 方 法

1. 被験者：健常者2名(N1, N2)とアテトーゼ型脳性まひ者(Ath)1名、痙直型脳性まひ者(Sp)1名である。N1は22歳9カ月、男性、右利き。N2は24歳7カ月、右利きである。Athは23歳3カ月、男性、右利き、徒手筋力検査の肘関節屈曲運動、前腕回外運動とともに優であり、またこの両運動の関節可動域にも制限はない。Spは21歳11カ月、男性、右利き、徒手筋力検査の肘関節屈曲運動、前腕回外運動とともに優であったが、関節可動域は肘関節屈曲運動は良好なものの前腕回外運動は自動、他動ともに20度程度で制限されていた。

2. 実験装置及び反応時間の測定方法：刺激にはキセノンランプ(反応測定器II型：竹井機器製)を用いた。PMTの測定方法は、まず被験者の利き手の上腕二頭筋から時定数0.03秒で筋活動電位を導出し、生体電気アンプ(AB-621G:日本光電製)によって増幅し、光刺激とともにデータレコーダー(RMG-5304:SONY製)に磁気記録した。実験終了後、磁気記録された筋活動電位をペンレコーダー(W-809:三栄測器製)に再生し、光刺激提示から筋活動の開始までの時間、すなわちPMTを1ms単位で測定した。

3. 課題：課題は単純反応と選択反応の2課題であり、各課題には屈曲と回外の2つの運動パターンが含まれる。したがって、実験条件は2(単純反応と選択反応)×2(屈曲と回外)の4条件であ

る。単純反応では、被験者は実験者の「用意」という口頭予告の2~5秒後に眼前90cmに提示される光刺激に対し、利き手で、できる限り速くあらかじめ指示されている反応(屈曲あるいは回外)を行なう。選択反応では同じく実験者の「用意」という口頭予告の後に、ランダムな順序で提示される2種類の光刺激に対し、赤色なら屈曲(あるいは回外)運動を、黄色なら回外(あるいは屈曲)運動をできるだけ速く行なう。

4. 手続き：両課題とも、被験者はテーブルの前の椅子に座り、体幹を垂直にし、前方の光刺激提示部を見た。次に利き手をテーブル上のアームレストの上に置き、肘関節50~90度屈曲し、前腕をやや回内位に保った。両課題間に5分間の休憩をおいた。試行数は、両課題とも屈曲と回外それぞれ20試行であった。単純反応では5試行ごとに運動パターンを変え、選択反応は10試行ごとに30秒程度休憩した。試行間隔は10~30秒でランダムとしたが、筋活動の消失を確認してから次の試行へ移った。被験者は1日に4条件、合計80試行行なった。そして、これを5日間連続して行なった。実験時間は午前中であり、5日間とも同じ時間帯である。1日目だけ、両課題ともに練習試行を20回行い、被験者が課題を十分理解してから測定にはいった。2日目以降は両課題とも練習試行を5試行行なった後に測定にはいった。単純反応と選択反応の測定順序、選択反応における光刺激の色と運動パターンの組み合わせは、被験者ごとに、また日にちごとに変えた。

III. 結 果

単純反応では各運動パターン20試行のPMTのうち最も短いもの2試行、最も長いもの2試行は除外し、残り16試行の対数変換値の算術平均を個人の代表値とした。選択反応では最も長いPMT、最も短いPMTをそれぞれ2試行ずつ除外し、さらに誤反応のPMTも除外し、残りのPMTの対数変換値の算術平均を個人の代表値とした。Fig. 1に4名のPMTの5日間の変化を示す。また、Fig. 2にPMTの短縮率を示した。短縮率は次式で求めた。

$$\left((1日目のPMT) - (4日目, 5日目のうち短い方のPMT) \right) / (1日目のPMT)$$

Fig. 3にはDFS(屈曲のPMTから回外のPMTを減じた値)の変化を示した。

まず、N1の結果から見てみる。4条件ともPMTは短縮しているが、選択反応の短縮率の方が大きい。単純反応では、2日目にPMTが屈曲、回外ともに遅延しているが、そこから5日目までは短縮している。また5日間、常にDFSは正の値(回外の方が屈曲よりもPMTが短い)となっており、3日目以降、DFSは大きな値となっている。選択反応では、2日目から4日目まではあまり変化はないが、5日目に大幅にPMTは短縮している。5日目にDFSは0になっているが、その他の日では減

少しながらも常に正の値となっている。

次にN2を見てみる。単純反応ではN1と同じく2日目にPMTは遅延しているが、3日目と5日目には短縮している。DFSは5日間とも正の値である。選択反応では回外では2日目と5日目にPMTは短縮しているが屈曲については一定の傾向は認められず、短縮率を見ても唯一短縮していない。DFSは1日目は負であるが、変動が大きいもののそれ以降は正の値である。

Athは4条件ともに短縮しており、単純反応の短縮率の方が大きい。単純反応では、4日目まではPMTが短縮しているが、5日目にやや遅延した。DFSは3日目だけ負の値であるが、4、5日目は正の値で1、2日目より大きな値となっている。選択反応では、短縮のピークは屈曲2日目、回外3日目であるが、5日目でも1日目より短縮している。DFSは1、2日目は負であるが後半正の値に転じている。

Spでも4条件ともPMTの短縮が認められた。単純反応では3日目までは大きな変化はないが、4日目に大幅に短縮している。しかし、5日目に回外が遅延した。DFSは、常に負となっており、後半に負の値がより大きくなった。選択反応では、屈曲は4日目まで短縮、回外は3日目に大きく遅延したが、それ以外は短縮している。DFSは1、3、4日目は負となっており、特に3日目は大きな負の値をとっている。

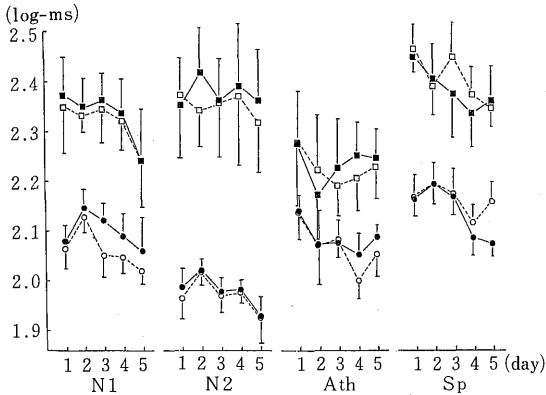


Fig. 1. 5日間の単純反応と選択反応のPMTの変化 (●—●: 単純反応屈曲, ○---○: 単純反応回外 ■—■: 選択反応屈曲, □---□: 選択反応回外)

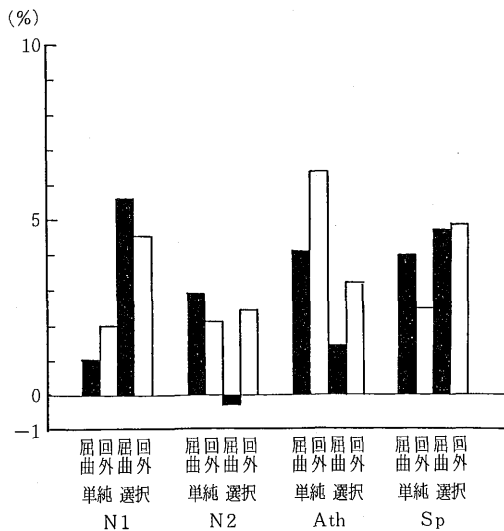


Fig. 2. PMTの短縮率

IV. 考 察

短縮率をみるとN2の選択反応の他はすべて短縮しており、反復練習の効果が認められる。

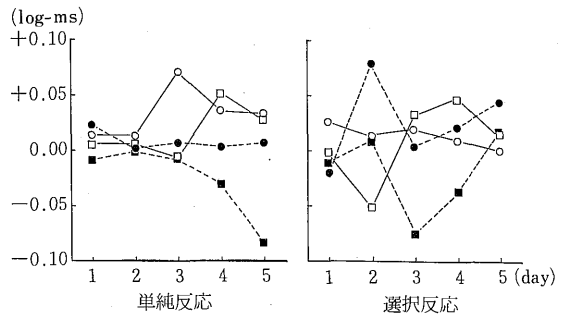


Fig. 3. DFSの変化

(○—○: N1, ●---●: N2
□—□: Ath, ■---■: Sp)

但し、屈曲、回外のいずれにおいて反復練習の効果が顕著であったのかは今回のデータでは分からない。また選択反応のPMTでは運動出力系の練習の効果と認知系の練習効果が現われると予想されることから、短縮率は単純反応より選択反応の方が大きいと考えられる。しかし、N1はそのような結果になったもののN2では選択反応の回外の短縮率が負を示しており、この仮説は支持されない。これは、N2の単純反応のPMTは短縮していることから、N2の運動出力系には練習の効果があつたと考えられるが、選択反応で行なわれる認知的な処理には今回のような練習方法、すなわち反復練習では効果がなかったためと思われる。また、通常練習によって、SDが小さくなると言われるがそのような傾向もいずれの被験者でも認められなかった。

本実験の練習は、5日間同じ課題を繰り返した行っただけの反復練習であつて、成績の向上を意図した特別の配慮は行わなかった。練習をより効率的なものにするには、動機づけが重要であり、内的興味、KR、強化子、練習時間及び練習回数等、考慮しなければならない(Singer, 1968)。今後は、これらの点を考慮し、どのような練習条件において最もPMTが短縮するのかを検討する必要もある。

本実験では、反応時間の構成要素のうち、刺激提示から筋活動の開始までの時間であるPMTしか測定しなかった。しかしながら、脳性まひの運動障害を考えるに際しては、もう一方の構成要素であるMT (motor time: 筋活動の開始から実際の運動の開始までの時間) についても検討しなければならない。Ward and Grabiner (1982) は電気刺激を用いた練習による反応時間の短縮を調べ、PMTは変動しないがMTは短縮することを報告している。川間・石田 (1988) は、試行経過に伴うPMTとMTの変動を調べ、脳性まひ者のMTの変動が健常者と異なることを報告している。これらのことから、練習による反応時間の短縮はPMTとMTでは異なり、練習による脳性まひ者のMTの変動は健常者と異なる可能性がある。この点も今後の検討課題であろう。

ところで、健常者においては回外のPMTが屈曲より短く、屈曲のPMTから回外のPMTを減じた値、すなわちDFSは、利き手・非利き手あるいは左利き・右利きなど大脳半球の優位性に関係なく

両側に認められる(笠井・小林, 1981; Nakamura and Saito, 1974) ことが知られており、このことから、DFSは生体の運動出力系の機能を反映していると考えられている(笠井, 1983; Nakamura, Taniguchi, and Oshima, 1975; 中村・谷口, 1976; Taniguchi, Nakamura, and Oshima, 1977; Nakamura and Taniguchi, 1980)。一方、脳性まひ者では健常者と逆に回外より屈曲のPMTが短く(川間, 1987; 川間・中司, 1985a, 1985b), DFSは負の値を示すことが知られる。このことはDFSが運動出力系の機能を反映することから考えると、脳性まひ者が運動出力系の機能に何等かの問題を持つためと考えられる。Athの結果をみると、単純反応においても選択反応においても、前半DFSは屈曲と回外のPMTにあまり差がなく小さな値を示すか、また屈曲のPMTの方が短かいため負の値を示していた。しかし、後半DFSは常に正の値をとり増大している。つまり、反復練習によって単にPMTが短縮しただけでなく、DFSにも変化が起きている。笠井 (1982, 1983) は、健常者においてトレーニングによってDFSが増大することを報告し、トレーニングによって運動出力系に存在する運動パターンジェネレーション機能に質的変換が生じることを示唆している。笠井 (1982, 1983) にしたがえば、反復練習によってAthの運動出力系の運動パターンジェネレーション機能が質的に改善されたと解釈できる。但し、質的変換なのか、単なる量的変化であるかは、より厳密な議論が必要であろう。N1のDFSは単純反応ではDFSが増大したものの選択反応では減少している。また、N2では、単純反応において2日目にDFSが減少したが後半徐々に増大し、選択反応では1日目より後半増大している。N1, N2ともAthに比べれば明瞭ではないが、反復練習によってDFSが増大する傾向はわずかながらあつたと言えよう。これに対して、Spの単純反応では反復練習に伴ってDFSが負方向に大きくなり、他の3人の被験者と異なる傾向を示した。この理由として考えられることは、Spの回外の関節可動域が、20度程度で制限されていたことである。この場合、単純な練習、すなわち反復練習は回外の練習としては効果的でなく、運動パターンジェネレーション機能に質的変換が起きなかった、起きたとしてもAth, N1, N2とは異なる変化であつたと考えられる。

以上の考察から、①反復練習によってN1, N2, Ath, SpのPMTは短縮すること、②反復練習によってAthのDFSは増大し、それは運動出力系の運動パターンジェネレーション機能に質的改善が生じたためと推測されること、③SpのDFSは反復練習によって増大せず、それは関節可動域が制限されていたためと考えられること、が結論できる。今後は、①練習方法について、動機づけ、KR、強化子等を考慮した際のPMTの変化を検討すること、②関節可動域訓練を行った際のDFSの変化を検討すること、が研究課題になると思われる。

文 献

- 1) 笠井達哉(1982): 運動パターンの違いによる反応時間の変動量—その運動種目特性とトレーニングによる影響について—。国土館大学体育学部紀要, 8, 15—23.
- 2) 笠井達哉(1983): 反応時間と筋電図による各種スポーツ種目の上肢反応特性の解析。体育学研究, 28(3), 227—236.
- 3) 笠井達哉・小林朝子(1981): 運動パターンの違いによる反応時間の変動量—両手前腕同時反応動作について—。体育の科学, 31(8), 557—560.
- 4) Kasai, T., Nakamura, R., and Taniguchi, R. (1982): Effect of warning signal on reaction time of elbow flexion and supination. *Perceptual and Motor Skills*, 55, 675—677.
- 5) 川間健之介(1987): 脳性まひ者の運動反応プロセス—単純・選択反応の反応時間による検討—。特殊教育学研究, 24(4), 1—9.
- 6) 川間健之介・石田久之(1988): 脳性まひ者の肘屈曲運動の反応時間—試行経過に伴うPMT, MTの変動—。心身障害学研究, 12(2), 31—37.
- 7) 川間健之介・中司利一(1985a): 脳性まひ者の運動反応プロセスについて—肘屈曲・前腕回外の単純・弁別反応時間。心身障害学研究, 9(1), 49—58.
- 8) 川間健之介・中司利一(1985b): 脳性まひ者の肘屈曲・前腕回外運動のPMT。心身障害学研究, 10(1), 77—84.
- 9) Nakamura, R. and Saito, H. (1974): Preferred hand and reaction time in different movement patterns. *Perceptual and Motor Skills*, 39, 1275—1281.
- 10) 中村隆一・谷口礼二(1976): 筋電図による反応時間の測定。臨床生理, 6, 223—229.
- 11) Nakamura, R. and Taniguchi, R. (1980): Dependence of reaction time on movement patterns in patients with parkinson's disease and those with cerebellar degeneration. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 132, 153—158.
- 12) Nakamura, R., Taniguchi, R., and Oshima, Y. (1975): Synchronization errors in bilateral simultaneous flexion of elbows. *Perceptual and Motor Skills*, 40, 527—532.
- 13) Nakamura, R., Taniguchi, R., and Yokochi, F. (1978): Dependence of reaction times on movement patterns in patients with cerebral hemiparesis. *Neuropsychologia*, 6, 121—124.
- 14) Singer, R. (1968): Motor learning and human performance: An application to physical education skills. The Macmillan Company, New York.: 松田岩男監訳(1970): 運動学習の心理学。大修館。
- 15) Taniguchi, R., Nakamura, R., and Oshima, Y. (1977): Reaction time in simultaneous motions. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 709—710.
- 16) Travill, A. and Basmajian, J. (1961): Electromyography of supinators of the forearm. *Anatomical Record*, 139, 557—560.
- 17) Wakabayashi, S., Nakamura, R., and Taniguchi, R. (1981): Movement patterns as an output variable in reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 53, 832—834.
- 18) Ward, T. and Grabiner, M. (1982): Chronic effects of electrical stimulation of muscle on the fractionated components of audio response time. *Human Movement Science*, 1, 139—150.

Summary

Effect of Repeated Practice on Premotor Time Difference between Elbow Flexion and Forearm Supination in Persons with Cerebral Palsy

Kennosuke Kawama

Premotor time (PMT) of biceps brachii muscle as an indicator of initiation of rapid forearm movement is reportedly different between elbow flexion and forearm supination, PMT of supination being faster than that of flexion on both hands. Moreover, PMT difference between flexion and supination (DFS) is considered to reflect the motor output system.

In this study, 2 normal persons, a person with athetotic cerebral palsy, and a person with spastic cerebral palsy were given simple and choice reaction tasks five successive days. In the simple reaction task, the subjects were asked to respond with flexion or supination to a light stimulus. In the choice reaction task, subjects were to respond with flexion to a light of one color (red or yellow), and with supination to a light of another color. They had 40 trial of each task a day. PMTs were measured from biceps brachii of subjects' preferred hand.

All of subjects' PMTs were shorten day by day. Value of DFS in the normal persons were plus from first to last day except choice reaction of first day in one normal subject. For athetotic subject, DFS of fourth and fifth days were larger than those of first and second day. This result suggested that movement pattern generation function of motor output system was changed qualitatively by repeated practice. Spastic subject's value of DFS was minus at all times, and not changed by repeated practice. These results seem to relate with ROM (range of motion) limitation of spastic subject's forearm.

Key Word : cerebral palsy PMT DFS athetosis spasticity